

# 里程定价式车险的福利经济学研究

周汉涛<sup>1</sup> 毕 扬<sup>2</sup> 李雪霜<sup>1</sup>

(1. 武汉大学经济与管理学院 湖北 武汉 430072; 2. 中国人民大学汉青研究院 北京 100872)

**【摘 要】** 传统治理汽车污染负外部性的方式是征收燃料税。国内燃料税的税率已经达到了相对较高的水平,采用提高税率达到进一步提升治理水平的空间有限。通过改变车险定价方式,即提供里程定价式车险,为解决汽车污染治理问题提供了新的思路。经验分析表明,提供灵活保险费率的激励方式比提高税率更易为公众接受。本文通过建立福利经济学模型证明,采用里程定价式车险能有效避免交叉补贴,提供比征收燃料税更高的经济效率和社会福利,且在不同的参数设定下研究结果是稳健的。

**【关键词】** 燃料税; 里程定价式车险; 福利效应

**【中图分类号】** F840 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1004-3306(2016)05-0048-12

**DOI:** 10.13497/j.cnki.is.2016.05.005

## 一、引 言

在全球石油资源逐渐枯竭的大背景下,国际油价的剧烈波动、汽车尾气排放造成的严重环境污染以及经济新常态下节能减排控制消耗的要求,如何有效控制汽车燃料消费并提高社会总体福利,改善人民生活水平,成为日益重要的议题。

国内目前采取的政策是通过征收较高的燃料税来控制燃料的使用和消耗,进而达到控制负外部性的目的(陈娅莉,2013)。Rosen(2004)指出,税收是一种简便易行的政府宏观调控措施。然而,继续提高燃料税存在如下两个问题:一是,高税率增加了消费者使用燃料的成本,使得消费者的决策偏离最优消费水平,容易造成资源浪费和社会福利的无效损失;二是,拉弗曲线模型已经充分证明了在高税率条件下继续加税反而降低政府收入和社会福利水平。在国内燃料整体税负高企的大背景下,继续推行提高税率的政策有一定难度,并且未必能达到宏观调控的目的。因此,采取提高税率的方式治理汽车排污负外部性问题,政策空间有限。与此同时,国内目前车险定价的方式主要是根据车辆价值分级定价,并没有考虑到保险费率制定可能带来的激励效应。通过简单的将车辆依据价值进行分级,计算车险采用的年缴保费的定价方式并没有充分考虑风险事故的发生与车辆行驶的里程数相关,将会带来投保人的逆向选择问题。

采用里程定价式车险(Pay As You Drive, PAYD)将为污染治理问题提供新的解决思路。国内车险的主要缴费方式为每年缴纳总量定额保费(lump-sum premium)。PAYD 是对传统保费定价方式采取了变革,不再采用年趸交固定数额的保费这一定价方法,而是采用更加灵活的、将所收保费与投保人投保车辆的年行驶里程挂钩的车险定价方式。也即,投保人缴纳的保费和投保车辆年行驶里程呈正相关关系。这样的定价机制为控制车辆行驶总里程数提供了一个激励,鼓励车主减少行驶里程,从而在降低交通风险的情况下也降低

**【作者简介】** 周汉涛,武汉大学经济与管理学院博士研究生,现就职于湖北保监局,主要研究方向:保险经济学;毕扬,中国人民大学汉青经济与金融研究院硕士研究生;李雪霜,武汉大学经济与管理学院讲师。

了污染排放水平,可谓一举两得。自上世纪90年代始,欧美等国的非寿险精算界开始采用基于PAYD的收费方式,风险度量因子为被保险车辆行驶的里程数。美国德州2001年通过的每英里保费条款(HB45)法律和授权MileMeter财险公司提供的PAYD保险项目,是较早确立里程定价式车险制度的国家。继美国后,澳大利亚的Real Insurance公司、日本的AIOI公司和英国的CoverBox公司,均逐步建立了PAYD定价模型并推出相应产品,PAYD受到了各地政府、机构的高度重视和支持,民众逐渐接受并青睐使用基于里程定价的保险产品。鉴于推行PAYD带来的巨大环境改善水平和降低风险的效果,美国加州参议院(AB2800)正在决议103号提案,即将里程数纳入保费的定价基础。本文将证明,通过采用里程定价式车险,将会提供比征收燃料税更高的社会福利,减少无效损失,采用福利经济分析方法进行分析,论证这种车险的社会福利效应,为这种新型车险的广泛推行提供理论支持。本文的创新点在于,基于福利经济学的分析框架,对采用PAYD制度后为中国带来的福利效应进行研究。

本文余下部分将如下安排:第三部分,基于Parry(2005)采用福利经济学的基本分析框架,建立在给定燃料减排目标下,依据征收燃料税和采用里程定价式车险带来的不同社会福利增长的理论模型,并立足中国实际国情,以及国内外研究,估算相关参数。第四部分,将参数带入模型,计算不同制度下的福利增长水平,对比结果,分析成因和比较制度的优缺点,对制度选择提出建议。第五部分,总结分析所得结论,并讨论相关模型分析的局限性。

## 二、文献综述

### (一)国外文献综述

面对逐渐严峻的环境问题和能源问题,各国都在通过相关政策和治理方案进行环境污染控制。Weiwei Sun(2013)的研究表明,对中国而言,汽车尾气对大气污染造成的影响占比70%以上。汽车燃料的石油消耗占据了全国石油总体消耗量的三分之一。随着我国未来汽车数量的日益增长,这一数据还将不断提高。汽车尾气污染是一个典型的外部性问题。如何内部化外部性成本,影响驾驶者的行为从而减少尾气排放,成为重要议题。

Rosen(2004)指出,传统的经济学观点里,对具有负外部性的事物征收庇古税(Pigou Tax)是有效控制资源消耗以及随之带来的外部性的手段,一般认为提高税率是政府对某项资源分配实施宏观调控有效工具。燃料税的设计思路便是基于庇古税的相关观点进行设计。燃料税本身对燃料使用提供负向激励,有利于人们减少燃油消耗,寻求更加高效的交通工具以提高燃料使用效率。拉弗曲线的理论说明,税率高于一定水平后,政府实际收入反而会随着税率的提高而下降,社会总体福利水平也会下降。因此,提高燃料税率并不是一条可持续发展的途径,其造成的社会整体福利的损失可能会大于得到的好处。寻找合适的激励途径,克服对税收调节的路径依赖,有效控制油耗的同时提高整体社会福利,势在必行。

Parry(2005)针对传统的年趸交定额保费提出批判。基于一次性定价模式的车险是粗放低效率且不公平的定价模式。投保人如果年龄、性别、车辆价值、行驶区域等相似,则即便有的投保人一年行驶1万公里,有的投保人一年行驶10万公里,所缴纳的车险费用也是一样的。从这个意义上来说,这样的车险定价模式潜在鼓励了投保人行驶更多的里程,无疑既增加了风险事故发生的概率,也提高了因为行驶而排放的污染,即增加了对环境的负外部性。污染的负外部性因素并没有体现在传统的车险定价模型考虑的因素里。传统的定价模型事实上将低行驶里程的投保人缴纳的保费补贴了高行驶里程的投保人,形成了所谓的“交叉补贴”效应,而低收入人群通常平均行驶里程低于高收入人群。这样做形成了财富的二次分配,对于低行驶里程的投保人而言显失公平。Parry(2005)的研究提出了这样的观点,即在现行的保费定价制度里,年行驶里程少的投保人具有相对较低的事故风险率,具备同等条件但年行驶里程多的投保人则存在更高的事故风险

率,因为交叉补贴效应,前者不会积极投保而后者参保热情高涨,事实上加剧了保险市场的“格雷欣法则”,促进了逆向选择和道德风险。

Vickrey(1968)提出:传统的总量定额保费并没有体现出行驶里程的边际成本。国外对PAYD制度的研究起源于Butler(1989)提出的“根据投保人行驶总里程定价”方法。Butler(1989)提出“根据投保人行驶总里程定价”的方法,成为了PAYD式保险的原型。PAYD正是基于这一理念提出的调控工具。所谓PAYD,是将保费与行驶的总里程挂钩,综合考虑车辆年行驶里程和其他因素制定保费,而并不是采用趸交年定额保费的方式收费。因此,年行驶里程越高,则相应的保费越高。采用PAYD计费模式之后,投保人需要预先支付期间的行驶里程对应的保费,无论是采取趸交还是分期缴费的方式。举例来说,投保人先支付2万千米里程的保费,最终的保费则由记录的期终总里程数进行定价并收取。Edlin(1999)指出,PAYD式车险采用将行车的部分固定成本转化为与行驶里程正相关的策略,利用提供的激励降低了车辆行驶的总里程数,从而降低了汽油消耗。采用保险手段调节行车成本,相比在原有高燃料税负的条件下继续提高税率,更易为公众接受。灵活的定价策略也有利于降低税收负担,减少经济决策扭曲,提供更多的社会经济福利。PAYD福利效应研究的原型是Parry和Small(2005)关于英美汽油税制合理性的研究。Parry(2005)随后建立了自己的福利经济学框架,对基于里程定价式车险的福利效应进行研究。Bordoff(2008)在此基础上对PAYD的福利效应进行了深入论证和总结。Bordoff(2008)总结出了这样做的优点:保险公司通过施行里程定价式车险,由于可以基于各车主具体行驶里程进行差别定价,因此对降低行驶的总里程数提供了正向激励,在降低未参保人数、提高参保率的同时,也降低了高风险驾驶员的总行驶里程。由经济激励产生的投保动机效果也要好于软性的宣传和行政命令,降低了执行成本并减少了市场扭曲的同时也提高了经济运行效率。将车险定价方式改为按里程定价后,保险公司将依据投保人的年龄、信用记录和所在地区等评价因素,对投保人进行分级,进而根据一年内行驶的里程数设定具体的差异化保费。

## (二)国内文献综述

随着近年来卫星定位技术的飞速发展,对于车辆总行驶里程数的测控已经不存在技术障碍。物联网的普及应用,使得未来数年内的车险形式将会产生市场驱动型变革,里程定价式车险将会成为主流。郭庆旺和吕冰洋(2010)指出,目前国内居民承担的税负过高。在国内汽油整体税负已经达到接近单价的35%到40%的水平,汽油价格高企且常年居高不下的背景下,继续通过提高税率达到控制汽油消耗量的目的,将会造成严重的福利无谓损失(deadweight loss),造成的财富效应也将影响居民收入分配。陈晓峰(2010)提出,在对定价方式进行改革,转化为按里程定价模式后,通过对不同年均行驶里程的投保人施行差异化定价,里程定价式车险有效的提供了正向激励,消除了逆向选择的制度基础,鼓励低行驶里程、低风险的用户积极参保。对高行驶里程、高风险的用户收取更合理的保费,提高了保险公司的风险管理能力的同时也减少了经济决策扭曲,避免了无谓损失,提高了社会的整体福利。里程定价式车险本身具有相当强的正外部性,即因为降低了投保人的总行驶里程,减小了风险事故发生的几率,对整个保险行业和社会公众有正面的影响,因而可对采用按里程定价模式的车险公司一定的税收优惠来推广这一项目。相比国外而言,国内对于PAYD的研究大多从非寿险精算的定价角度出发,如陈娅莉(2013)对PAYD基于里程费率因子、每英里保费以及GPS的定价方式进行了研究总结。潘国臣和张媛媛(2011)则从用户接受度视角出发,研究了国内投保人对于PAYD的接受度。

随着我国经济水平的不断发展,私家车数量不断增加,人们对车险的要求也不再局限于交通强制保险,各种商业保险的重要性不断提升。孙维伟(2013)的研究提出,相比传统的车险,里程定价式车险提供以下的一些优点:第一,提升保险精算水平,提高了定价的精度,保险费率有效而精确的反映了投保人车辆的行驶成本,公平性提升的同时也更加经济和有效。第二,提升了道路交通安全性。根据国际相关研究表明,里

程定价式车险有效降低了司机行驶的总里程数,降低了风险事故发生的概率,也降低了其他道路使用者事故概率,具有很强的正外部性。第三,改善交通环境。里程定价式车险通过降低车辆使用量,降低了道路拥堵水平,改善了交通环境。第四,增强了保险公司的竞争能力。里程定价式车险对于年行驶里程较低的家庭来说,降低了出行成本,拓展了保险覆盖面。第五,为投保人提供了全新的选择。随着险种的不断丰富和定价模式的不断改进,投保人可以根据自身偏好进行选择,满足了险种多样性的要求,丰富了保险市场的层次,提升了保险产品的结构水平。由于保险费率随着里程不断变化,通过减少行驶的总里程数,能够节约投保人的行驶成本,节约资金。因为消除了低行驶里程到高行驶里程数的投保人的交叉补贴的外部性成本,增加了保险定价模式的公平性,更能体现保险的互助共济的本质属性,也更好的发挥了保险作为风险管理的一种手段应有的作用。

根据 Parry 和 Small(2005)对英美相关数据的测算,汽车总行驶里程相关的因素,如交通拥挤、交通事故和区域性排放造成的负外部性影响,要远大于诸如温室气体或石油消耗等燃料相关因素引发的负外部性。因此,在既定的燃料减耗目标下,里程式定价车险要比燃料税更好的发挥控制负外部性的功效。这是因为,采用里程定价的车险能够完全将激励效果作用于控制总行驶里程数,而燃料税仅部分激励作用于里程数的控制。要使得税收和保险提供相似的激励效果,采用里程定价式车险的方式能节约更多成本,同时有效的提升社会福利。

### 三、理论模型

本文假设所有驾驶人员和车辆均是具有风险同质性的,风险事故发生率均为独立同分布( independent identically distributed i. i. d)。所有样本均足够大,符合大数定律以及中心极限定理。静态分析模型中的代理人( agents)均是在目标大样本下具有代表性的。所有变量均是年化的人均数据。

效用函数采用了 DIU( Distance In Utility)形式:

$$U = u(c, D) - E_F(\bar{F}) - E_D(\bar{D}) \quad (3.1)$$

其中,  $U$  为社会总体效用函数,分解为了三个部分:  $u$  为由于消费、出行等行为带来正收益的效用函数;  $E_F$  代表由燃料相关的因素引发的负外部性,因此只与燃料的消费水平有关,例如汽车排放有害尾气污染环境后的环境质量损失和治理成本,燃料的制造与使用过程中排放的温室气体对全球变暖的影响和相应的污染成本;  $E_D$  代表由行驶总里程数相关因素引发的负外部性,表示为行驶里程的函数,例如因为出行人数较多造成的交通拥挤成本和可能带来的交通事故成本。交通事故成本包括了对路人和其他机动车主造成伤害的风险损失,但不包括对保险公司的索赔。变量的一阶导数即边际变化量  $E_F'$ 、 $E_D'$  均大于零,假设外部性的边际成本为常数。 $c$  代表了消费品。 $D$  是所有车辆的总行驶里程。 $F$  表示消耗的燃料总量。 $\bar{F}$ 、 $\bar{D}$  表示燃料的总消耗量和车辆总行驶里程为模型中的外生变量。

所有车辆的总行驶里程同时需要满足如下约束条件:

$$\ln D = \ln m + \ln q \quad (3.2)$$

$\ln$  表示取自然对数。 $D$  数值上等于汽车总量  $q$ ,乘以单个汽车行驶的里程数  $m$ ,取对数后方便后续计算。

代理人的预算约束满足以下方程:

$$c + q(p_q + mp_m) = I + G + R \quad (3.3)$$

在(3.3)式中,变量  $p_q$  表示每年因为持有车辆所付出的成本,例如摊销的车辆购置费用,每年为了车辆投保付出的保险费等。变量  $p_m$  表示每行驶一公里支付相应的资金成本。 $I$  表示消费者的劳动收入, $G$  表示消费者获得的政府的转移支付收入以及  $R$  表示消费者因为投资而取得的资本性收入,本文假设市场上仅存

在保险公司。

细化约束条件 具体可以表示为:

$$p_m = p_F / f + p_i + \varepsilon(m) \quad (3.4)$$

$$p_q = p_{lump} + p_a(f) \quad (3.5)$$

$$p_F = s_F + t_F \quad (3.6)$$

$$t_F = t_F^0 + t(F) \quad (3.7)$$

$$D = f \cdot F \quad (3.8)$$

社会将通过决定  $c$ 、 $m$ 、 $q$ 、 $f$  的消费水平来最大化总效用  $U$ 。本文所有带有上标“0”的变量均表示初值条件。

综合(3.4)式和(3.6)式可以看出 汽车每公里行驶成本被分解为了三个部分 分别是:

(1) 单位燃料的价格  $p_F$  并通过燃料使用效率  $f$  对其进行标准化。燃料使用效率  $f$  即每消耗一单位燃料所能行驶的里程数。价格  $p_F$  又可以分解为外生变量燃料的原始生产价格  $s_F$  加上每单位燃料被征收的税金  $t_F$ 。(3.7)式表明 税金存在一个最低征收水平 并且可能随着燃料总使用水平的提高而提高税率。

(2)  $p_i$  表示在按里程定价的车险模式下每公里收取的保费 初值设为 0 经济学含义为如果没有行驶里程 则不收取保费。

(3)  $\varepsilon(m)$  表示汽车的折旧以及维护成本 表示为行驶总里程  $m$  的函数 且  $\varepsilon(m) > 0$  即折旧一定存在 每年的维护成本一定大于 0。

持有车辆的年化成本  $p_q$  可以分解为两部分 由表达式(3.5)决定: 一是每年支付的保费数量  $p_{lump}$  传统的车险会根据车辆价值的不同进行收取相应的保费 但并不能影响车辆行驶总里程的决策; 二是年化车辆购置成本  $p_a(f)$ 。 $p_a(f)$  是  $f$  的函数且  $p_a(f)$  单调增 因为在车辆其他属性相同的条件下 提高车辆的燃油效率需要更高的技术成本 车辆的购买价格就更高。

(3.8)式表明 汽车行驶的总里程数等于燃油效率和燃料总消耗的积。

政府部门面临的预算约束如下:

$$G = \bar{G}_0 + t_F F \quad (3.9)$$

(3.9)式将政府收入分为两个部分: 一是政府一般性收入  $\bar{G}_0$  二是政府征收燃油税获得的收入。政府一般性收入  $\bar{G}_0$  在本文分析框架中设定为外生变量 独立于燃油税收入的影响。政府收入将影响消费者从政府获得的转移支付收入。

本文所有定价模式都基于完全竞争假设。在市场出清状态下 保险公司的期望利润为 0:

$$R = q[p_{lump} + m(p_i - x)] \equiv 0 \quad (3.10)$$

$x$  表示机动车每行驶一公里的期望索赔值 分为财产损失和部分医疗服务费用。 $R$  同时也表示个人投资公司获得的资本性收入 故均衡状态下这部分收入为 0。

下面是我们计算传统税收控制理论下采用燃料税调节燃料使用量时 社会整体福利水平的变化。此时不存在 PAYD 故  $p_{lump} = xq$ 。根据以上假设 综合(3.1) - (3.10)式 对(3.1)式施加带约束条件的最优化 构建社会福利对税收的边际变化量如下式所示:

$$\frac{dW}{dt_F} = \left( t_F - \frac{E_F'}{\lambda} \right) \frac{dF}{dt_F} + \left( p_{lump} - m \frac{\tilde{E}_D'}{\lambda} \right) \frac{dq}{dt_F} - \frac{\tilde{E}_D'}{\lambda} q \frac{dm}{dt_F} dp_F = dt_F \quad (3.11)$$

(3.11)式中  $W$  代表了社会总福利水平 取微分后则表示了福利水平的边际变动量对税收的敏感程度 为受约束的效用函数全微分后除以收入边际效用 即调整后的总体福利水平。 $\lambda$  表示收入的边际效用。 $\tilde{E}_D' = E_D' + \lambda x$  表示经过调整后的每公里负外部性边际成本包含了保险公司的每公里期望索赔支付数额。所有

含有金额的变量均以人民币计价单位“元”表示,含有行驶里程的变量均以公里(千米)为计量单位。燃油的使用量、汽车数量以及每辆车行驶的总里程数与燃油价格均成负相关关系。(3.11)式表明,福利水平的边际变动可以分为三个部分,即燃油市场的边际变化、汽车数量的边际变化和每辆车行驶里程的边际变化。(3.11)式的第一部分,当燃油的负外部性的影子成本  $E_F'/\lambda$  大于燃料税  $t_F$  时,燃油市场的边际变化数值为正。如果这一部分为负,则证明个体消费者被征收了使用燃油的超额税负,这将降低燃油税调节燃料消耗的效率。第二部分是由汽车总量减少带来的社会福利提升。如果里程相关的负外部性的影子成本  $\bar{E}_D'/\lambda$  与行驶的总里程之积小于年趸交保费,这部分的系数应当为正。第三部分是由减少的单位车辆的行驶里程数带来的社会福利。将(3.11)式积分,获得社会总福利函数。

本文假设燃料需求、车辆数目和单位车辆的年化行驶里程服从以下方程:

$$\ln\left(\frac{F}{F_0}\right) = \eta \ln\left(\frac{P_F}{P_F^0}\right) \quad (3.12)$$

$$\ln\left(\frac{m}{m_0}\right) = (\beta_M \beta_m \eta) \ln\left(\frac{P_F}{P_F^0}\right) \quad (3.13)$$

$$\ln\left(\frac{q}{q_0}\right) = \ln[\beta_M(1 - \beta_m)\eta] \ln\left(\frac{P_F}{P_F^0}\right) \quad (3.14)$$

其中  $\ln$  表示取自然对数。燃油的价格弹性  $\eta < 0$ 。 $\beta_M$ 、 $\beta_m$  均为常数,前者表示由所有车辆的总行驶里程减少引起的燃油消耗量减少的部分,后者表示由单位车辆行驶里程数减少导致的所有车辆的总行驶里程的减少的部分。

综合(3.11) - (3.14)式,我们可以得出每减少单位燃油消耗所获得的边际福利效应:

$$-\frac{dW}{dF} = \frac{E_F'}{\lambda} - t_F + \left(\frac{\bar{E}_D'}{\lambda} - \frac{p_{lump}}{m}\right) f \beta_M(1 - \beta_m) + \frac{\bar{E}_D'}{\lambda} f \beta_M \beta_m \quad (3.15)$$

如果  $\bar{E}_D'/\lambda > p_{lump}/m$ ,此时(3.15)右边第二部分的系数为正,则在给定燃料消耗的减少量的条件下,所有车辆总行驶里程导致的燃油消耗减少部分  $\beta_M$  越大,获得的辅助性福利效应就越大。通过将(3.15)式积分,得出由燃油消耗减少引起的社会整体福利的变化量

下面考察 PAYD 车险的福利效应。假设 PAYD 只会影响单个车辆每年行驶的里程数,并不影响机动车总量。此时不再通过税收手段调节福利水平。

在 PAYD 假设下,调整燃料消耗方程和每辆车每年行驶的里程方程如下:

$$\ln\left(\frac{F}{F_0}\right) = (\beta_M \beta_m \eta) \ln\left(\frac{P_F + p_i f^0}{P_F^0}\right) \quad (3.16)$$

$$\ln\left(\frac{m}{m_0}\right) = (\beta_M \beta_m \eta) \ln\left(\frac{P_F + p_i f^0}{P_F^0}\right) \quad (3.17)$$

依然对 DIU 施加带约束最优化,并综合(3.16)和(3.17)式,我们可以得出在 PAYD 条件下每减少单位燃油消耗所获得的边际福利效应:

$$-\frac{dW}{dF} = \frac{E_F'}{\lambda} - (t_F + p_i f^0) + \frac{\bar{E}_D'}{\lambda} f^0 \beta_m \quad (3.18)$$

#### 四、模型结果分析

##### (一) 模型参数校准

美国国家研究所(NRC)在2002年的一项研究报告中表明,温室气体排放和石油消耗造成的负外部性各自约占石油零售价的1/8。本文将上述两项加总,作为燃料相关的负外部性成本。本文的燃料价格初值采用了2014年

12月26日全国97号汽油的日均价 车辆趸交定额保费数据来源为2014年度中国人保财险的调研数据。本文所有的数据均针对通货膨胀进行了调整 避免了时间因素的影响。本文校准后的参数值如表1所示。

美国国家研究所的报告指出,交通拥挤成本、事故成本和区域性污染成本的治理价格约占石油价格的6.8%、4.2%和1.5% 本文加总以上三项作为里程相关的负外部性成本。从计算所得数据可以看出,每升汽油导致的里程相关负外部性成本为 $0.9 \times 8.52 = 7.668$ 元/升,这个成本要远大于燃料相关导致的负外部性成本1.8元/升,符合前文经验分析的结论。同时也表明了里程相关的负外部性成本是主要方面,因此针对单个车辆的行驶里程进行负向激励的PAYD式保险具有一定的优势。由于国内并没有官方机构发布污染的准确数据,本文采用了美国国家研究所发布的环境数据。根据Parry和Small(2005)进行的相关研究的测算,如果将里程定价式车险全面推广,会降低约占总量7.41%的汽油消耗量,即 $10 \times 10^9$ 升汽油消耗水平。将中国的相关研究数据代入模型,则获得测算结果中图1和图2的结果。图1和图2分别展示了两种不同定价制度下的福利效应。根据本文的理论模型计算,得出在采用燃料税和定额保费的调控模式下,要达到降低 $10 \times 10^9$ 升汽油消耗量的水平的效果,需要增加约1.08元的燃料税,约占现行汽油总价的15%。考虑到国内原本汽油税负已经较高,按照这样的幅度提高汽油税,显然是不现实的,不容易获得大众的认同,可行性不高。

模型参数值

表 1

参数名称	数值	参数名称	数值
燃料相关因素导致的负外部性( $E_F'/\lambda$ )		燃料的价格弹性( $\eta$ )	-0.55
温室气体排放 元/升	0.9	弹性的总里程部分( $\beta_M$ )	0.4
石油消耗 元/升	0.9	弹性的单个车辆里程部分( $\beta_m$ )	0.67
总和 元/升	1.8	燃料税初值( $t_F$ ) 元/升	2.45
里程相关因素导致的负外部性( $E_M'/\lambda$ )		燃料初始零售价( $p_F$ ) 元/升	7.21
交通拥挤成本 元/公里	0.4875	燃料使用效率( $f$ ) 公里/升	8.52
事故成本 元/公里	0.3	燃料年度消耗总量( $F$ ) 升	$1.35 \times 10^{11}$
区域性污染 元/公里	0.1125	趸交定额保费的公里均值( $p_{lump}/m$ ) 元/公里	0.172
总和 元/公里	0.9		

资料来源:美国国家研究所(NRC)和中经网统计数据库。

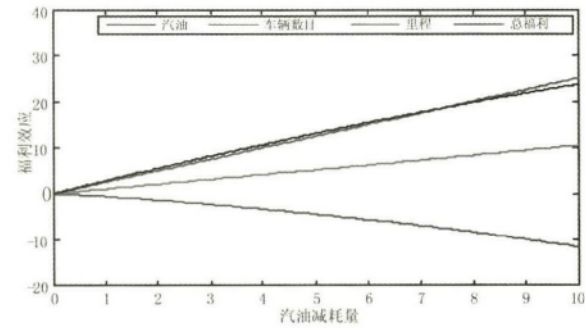


图 1 燃料税的福利效应

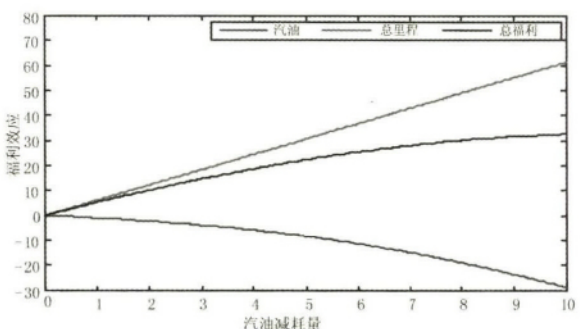


图 2 PAYD 的福利效应

如果采用PAYD式车险,则有别于传统的税收模式,并不会带来额外的燃料税负的增加,而可以达到和通过提升税率同样的调控效果。直观的看,由于PAYD式车险收费直接与车主行驶的总里程相关,为控制车

辆总行驶里程提供了负向的激励,有效降低了总行驶里程。除了有效控制燃油消耗的作用,PAYD 还通过降低总行驶里程而降低了风险事故发生概率,带来了正外部性。同时,PAYD 通过细分投保人群,根据行驶里程差异化定价,满足了保费制定的精确性和灵活性标准,避免了传统车险年缴定额保费“一刀切”的做法,通过多层次细分市场,避免出现低风险人群参保事实上倒贴高风险人群的交叉补贴现象,从而带来了更多的投保人群,为保险公司创造更多收益。经验分析表明,PAYD 式保险具有比单纯的提升汽油税更好的福利水平提升,也更易为公众接受,而通过继续提高税收的措施相对而言不易获得公众认可,调控空间不大,带给保险公司收益也不高。

## (二) 测算结果

在图 1 和图 2 中,汽油的福利变动曲线总是位于零值下方的。这是由于支付的燃料汽油的税收成本大于燃料消费带来的效用,从而导致了这一项的福利变动为负值。这一点可以从(3.11)式中看出,由于燃油的负外部性的保留价格  $E_F'/\lambda$  大于燃料税  $t_F$ ,从而导致图形斜率为负值,实证分析的结果符合理论分析的结论。图 1 中,车辆数目的福利变动曲线和总里程的福利变动曲线都大于零值,证明随着汽油减耗量的增加,由于车辆数目的变动和行驶总里程的变动带来的福利效应总是正的。这是符合预期的,因为减少了车辆数目和降低总行驶里程则会带来环境污染的减少和风险事故发生率的降低,从而带来正外部性,提升福利水平。其中,里程相关的福利变动曲线斜率要大于车辆数目的福利变动曲线,说明提升的福利水平里,由于降低了行驶里程带来的福利要大于降低了车辆数目带来的效应。因此,通过直接控制行驶里程,能带来比控制车辆数目更加有效的福利水平提升。图 2 中,由于里程定价式车险是对总里程数进行控制,因此带来的福利水平提升要大于同期图 1 中的福利水平。对比分析图 1 和图 2,直观的可以看出两点信息。第一,在降低相同汽油消耗量的条件下,基于 PAYD 的车险所带来的福利效应的提升,显著的大于燃料税带来的福利效应提升。图 2 中的总福利变化曲线,在横坐标相同时,总是高于图 1 的总福利曲线的。这就说明,采用里程式定价车险的条件下,社会总福利水平的边际增加量,要大于传统税收和年缴定额保费模式带来的社会总福利的边际变动水平。在同时降低  $10 \times 10^9$  升汽油消耗的前提下,采用里程定价式车险能够带来  $32.46 \times 10^9$  效用单位的福利效应提升,而燃料税在相同条件下带来的福利提升只有  $23.68 \times 10^9$  效用单位,大约只有 PAYD 带来的福利提升的 73%。这是因为,里程相关的外部性成本占据外部性成本的 67%。燃料税只部分作用于控制单个车辆行驶里程数,提供的负向激励小于里程定价式车险,而后者直接将负向激励作用于车辆行驶的里程数。同时,可以直观的看出,燃料税施加于里程数的负向激励带来的福利提升为  $25 \times 10^9$  效用单位,而采用里程定价式车险后,获得的福利提升为  $61.2 \times 10^9$  效用单位,前者只占后者的 41%,由此可以看出,采用里程定价式车险带来的福利效应提升是非常明显的,远优于同等条件下提升燃料税带来的福利水平。第二,由于发展汽车市场对本国经济有重要意义,而税收和年缴定额保费的模式会扭曲汽车市场,降低购买汽车的人数,不利于经济发展。然而,通过里程定价式车险,可以通过直接控制总行驶里程数达到降低负外部性的作用,避免了对汽车市场的扭曲。理论模型也表明,通过直接调控汽车行驶里程,带来福利水平的提升,要大于调整汽车市场带来的福利水平提升,从而证明了里程定价式车险的调控效率大于传统的模式,也能为保险公司创造更多的收益。总而言之,采用里程定价式车险带来的社会福利水平提升要远大于同等条件下燃料税的提升水平,同时避免由于税收带来的经济决策扭曲,能释放更多政策红利。

下面进行稳健性检验。由于汽车发动机油耗技术短期内不会有明显改善,因此污染排放量不会有较大改变,故而外部性水平短期不会有改善。油价变动将会成为主要影响因素。这里将油价参数从 7.21 元修改为 6 元,外部性参数保持不变,对方程(3.11)和(3.18)所获结论进行稳健性分析。结果如图 3、图 4 所示。



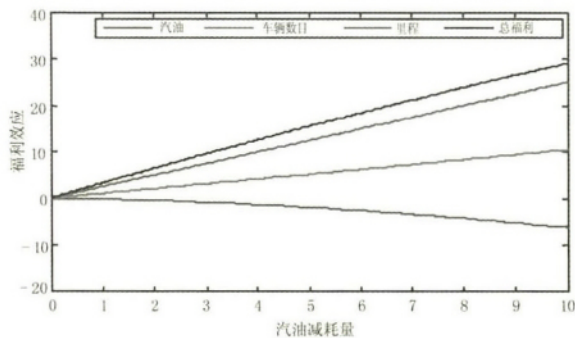


图3 油价6元时的燃料税福利效应

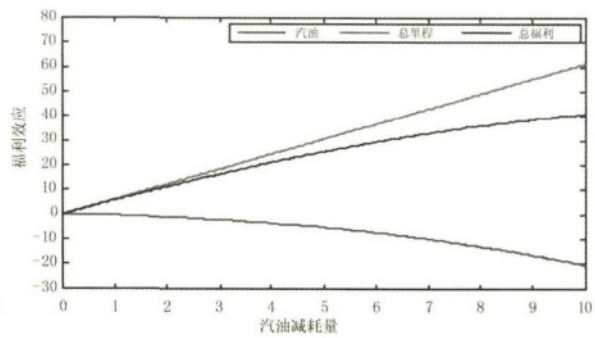


图4 油价6元时的PAYD福利效应

当油价从7.21元变动为6元时,从图3和图4看出,结论依然是稳健的。PAYD获得的福利效应依然显著的高于燃料税条件下的福利效应。

里程定价式车险可能带来一些新的问题。第一,使用里程定价式车险可能会带来新的道德风险。里程定价式车险费率和车辆总行驶里程直接挂钩,因此可能导致部分投保人对车辆行驶里程总数进行篡改,从而催生出一系列的利益链条。这样做不仅严重损害了保险公司的利益,也违背了里程定价式车险设立的初衷。美国对此的解决方案是,采用“PriPAYD”系统,通过GPS和数据采集器将车辆行驶数据直接传送给保险公司进行参考。这样做虽然可以避免道德风险,但是对保险公司数据中心的建设和设备的引进提出了较高的要求,势必影响保险公司的险种盈利水平,初期建设这一项目时则对保险公司的资金水平提出了要求。实际上,采用这一方案解决问题会带来新的公平性问题,即实力雄厚的保险公司在起步阶段发展要好于一般的保险公司,没有政策调整的情况下可能会加速市场垄断效应。第二,对于一些生活在农村地区的机动车主来说,由于车辆使用的拥堵成本、风险事故率、环境污染成本要低于同期城市的污染负外部性治理成本,而里程定价式先期的设备建设投入成本会较高,在农村地区推广PAYD式车险是否能相比传统模式带来更多的经济效益,存在疑问。第三,由于PAYD式车险降低了私家车的车辆行驶总里程,会使得部分车主更多的选择公共交通运输工具,从而加大了公共交通运输工具的负荷。这一替代效应的产生,会部分抵消里程定价式车险带来的福利水平提升,使之不能达到预期效果。另外,里程定价式车险初期建设需要资金投入和研发技术,对于保险基础相对薄弱的地区,需要政府的补助或者政策支持,或者对此提供税率优惠。随着后期参保人数逐渐增加,可以取消这些优惠措施。由于PAYD式保险和里程相关的性质,需要保监会、交通部门和环保部门的共同合作,研究最大化利用现有设备的条件下,优化政策环境,为里程定价式保险的顶层设计和实施提供更为实际的政策引导。如前述分析,里程定价式保险的发展可能导致私家车使用量的减少,提高公共交通工具的使用量,这就对城市甚至国家的公共交通工具水平的提升提出了要求。发展公共交通工具的成本和优化城市交通结构也应被纳入政策考量范围。特别指出,采用PAYD式车险的意义,不仅仅在于提升公共环境福利水平,更在于为投保人提供了一种新的险种选择。相比传统的险种,PAYD车险为不同投保人群带来的经济收益是明显的,投保人在做出经济决策时会考虑到这一条件,从而做出最优选择。

## 五、展 望

在当今全球变暖和能源危机的大背景下,控制温室气体的排放是各个国家环保措施的重要内容。本文通过经验分析,在效率的基础上,分析了传统观点下征收燃料税带来的效率损失较大,并且在国内燃料税经过几次调价后,税负已经达到油价35%水平的条件下,继续提高税负并不是切实可行的。本文提出了治理燃料外部性的新思路,即通过推行里程定价式保险,来解决这一问题,并采用经济学的福利分析法,比较了同

等条件下两种制度带来社会总体福利水平的提升。研究结果表明,采用里程定价式车险带来的社会整体福利水平提升要远大于传统的燃料税带来的提升效果,福利效应提升很显著。里程定价式车险对于环境污染的治理具有积极的意义,能够有效的减少当地污染水平、减少二氧化碳等温室气体的排放和减少石油依赖水平。综合而言,里程定价式车险是一条值得借鉴和推广的定价模式。

随着我国经济的不断发展,国民生活水平逐渐提高,车险市场逐渐体现出了一些特征,具体来说有:(1)市场容量大。我国人口基数较大,随着生活水平提升,车辆的购买使用的人数也在逐渐增加,每年新增机动车辆使用人数 2000 多万人次。(2)风险事故发生率较高,事故率增长速度较快。据估算,我国机动车保有数量为美国的一半左右,而交通事故死亡率却是美国的 2.5 倍。(3)国民保险意识逐渐加强。车险作为一种高参保率、高补偿性质的保险,国内车主对车险的投保意识逐年增强。(4)业内竞争日趋激烈。车险是多数财产保险公司重要的险种之一,也是财产保险公司是否能完成年度任务的决定性险种之一。(5)改革力度不断加强。国内近几年对保险费率市场化的改革意见,为进一步开拓保险市场带来更多的政策空间,保险市场的发育和成熟也离不开政策支持。

根据现有数据进行的研究,行驶的总里程数的减少可以带来事故率的减少和索赔率的降低。国外研究证明,每降低 1% 的总行驶里程会带来保险总索赔额平均降低 1.6% 的效果。对于市场占有率低的财产保险公司来说获得的额外效益可能并不能达到这个水平,但是也起到了降低成本的效果。同时,由于销售里程定价式车险的公司使得投保人降低了车辆行驶的里程数,从而降低了风险事故发生率,间接使得其他投保公司的保险标的车辆拥有更好的行车环境,从而降低了保险行业整体的事故损失程度。

本文可能存在的不足有以下三点。第一,考虑燃料相关的外部性因素仅考虑了由温室气体和石油使用带来的外部性,考虑里程相关外部性因素也仅考虑了交通拥挤成本、事故损害和区域性污染成本这三种外部性成本,并没有加入更多的风险因素进行测算。事实上,添加更多的风险因素可以使得模型更加精确化,测算结果会更加准确完备,也将进一步证明 PAYD 式车险这一险种定价模式的优越性。第二,由传统的年缴定额保费和燃料税模式,向 PAYD 式车险转型,将是一个动态过程。在转型的过程中,原先交叉补贴现象中的缴纳定额保费的、年行驶里程较低的低风险投保人将最先开始使用 PAYD 式车险,而年行驶里程较高的高风险人群将最后才转型为里程定价式车险。这一具有逆向选择性质的动态调整过程,将会部分抵消里程定价式车险带来的社会福利效应。第三,即便采用了里程定价式车险,依然不能消除投保人与保险人之间的信息不对称问题。投保人对车辆掌握的信息要多于保险人,这将降低 PAYD 式车险带来的社会整体福利水平的提升。因而如何准确测定车辆的风险因素,将成为新的研究问题。

#### [参考文献]

- [1] 陈晓峰. 欧美 PAYD 汽车保险对我国车险定价改革的启示 [N]. 中国保险报 2010-09-03.
- [2] 陈晓峰. 汽车保险新概念: 按里程付费 [J]. 上海保险 2010 (09): 18-19 28.
- [3] 陈娅莉. 车险按里程付费定价模式: 研究与借鉴 [D]. 大连: 东北财经大学 2013.
- [4] 董志华, 余洋. 车辆行驶里程对车险赔付支出影响研究 [J]. 统计与决策 2014 (14): 96-99.
- [5] 段白鸽, 余东发, 张连增. 国外车险里程定价理论与实践 [J]. 保险研究 2012 (02): 72-79.
- [6] 高 岩. 国外各具特色的汽车保险 [J]. 中国信用卡 2012 (03): 77-79.
- [7] 郭庆旺, 吕冰洋. 中国税收负担的综合分析 [J]. 财经问题研究 2010 (12): 3-10.
- [8] 潘国臣. 按照行驶里程计费的车险创新: 国外的理论与实践 [J]. 中国保险 2011 (05): 62-64.
- [9] 潘国臣, 刘培超. 谈谈我国发展按行驶里程计费车险的技术策略 [J]. 中国保险 2013 (12): 33-35.
- [10] 潘国臣, 张媛媛. 城市交通需求管理创新: 按照行驶里程定价与计费的车险 [J]. 交通标准化 2011,

( 17 ) : 50 – 52.

- [11] 孙维伟. 基于外部性视角的国外车险创新产品分析及借鉴[J]. 中国物价 2013 ( 0 ) 6: 76 – 78.
- [12] 杨 建. 市场化背景下车险费率厘定方法探究[D]. 大连: 东北财经大学 2012.
- [13] 张连增 孙维伟. 行驶里程数对环境、交通和能源的影响——基于外部性视角的省际面板数据研究[J]. 统计与信息论坛 2013 ( 11 ) : 75 – 82.
- [14] 张 玮. 汽车保险: 里程定价将成为主流[N]. 金融时报 2011 – 10 – 26.
- [15] 张媛媛. 在中国推行基于行驶里程定价的车险( PAYD ) 研究[J]. 群文天地 2011 ( 10 ) : 208 – 209.
- [16] 张媛媛. 基于行驶里程定价的车险( PAYD ) 创新研究[J]. 知识经济 2011 ( 12 ) : 34 – 35.
- [17] Bordoff J ,Noel P. Pay – as – you – drive auto insurance: A simple way to reduce driving – related harms and increase equity [J]. Hamilton Project Discussion Paper 2008 ( 07 ) : 001 – 054.
- [18] Butler P ,Butler T. Driver Record: a Political Red Herring That Reveals the Basic Flaw in Automobile Insurance Pricing [J]. Journal of Insurance Regulation ,1989 8( 2 ) : 200 – 234.
- [19] Edlin A S. Per – mile premiums for auto insurance [R ]. Massachusetts: National bureau of economic research ,1999.
- [20] Parry I W H. Is Pay – as – You – Drive insurance a better way to reduce gasoline than gasoline taxes? [J]. American Economic Review 2005 95( 2 ) : 288 – 293.
- [21] Parry I W H ,Small K A. Does Britain or the United States have the right gasoline tax? [J]. The American Economic Review 2005 95( 4 ) : 1276 – 1289.
- [22] Rosen H S. Public finance [M]. New York: Springer US 2004.
- [23] Vickrey W. Automobile accidents ,tort law ,externalities ,and insurance: an economist ’ s critique [J]. Law and Contemporary Problems ,1968: 464 – 487.
- [24] Weiwei Sun ,Baige Duan ,Lianzeng Zhang. Mileage – based pricing insurance and its impact on China [J]. Chinese Journal of Population ,Resources and Environment 2013 04: 319 – 326.

### A Welfare Economics Approach on Mileage-based Pricing for Car Insurance

ZHOU Hantao<sup>1</sup> ,BI Yang<sup>2</sup> ,LI Xueshuang<sup>1</sup>

( 1. Economics and Management School of Wuhan University ,Hubei Wuhan 430072;

2. Hanqing Advanced Institute of RENMIN University ,Beijing 100872)

**Abstract:** The traditional method to solve the negative externality of car pollution is to charge a fuel tax. However , the fuel tax rate in China has reached a quite high level ,therefore there is very limited room to further raise the rate. A new vein of thought is to change the pricing method of car insurance ,namely applying a mileage-based car insurance pricing. Experiences have shown that the public is more receptive to an incentivizing and flexible premium rate than lifting the tax rate. The paper established a welfare economics model to demonstrate that the mileage-based car insurance pricing can avoid the problem of overlapping subsidization ,and have a higher economic efficiency and social welfare level than charging the fuel tax. Furthermore ,the analytic result is steady under different parameter sets.

**Key words:** fuel tax; mileage-based car insurance; welfare effect

[编辑: 李凯飞]